

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-358407

(43)Date of publication of application : 26.12.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/343

(21)Application number : 2001-083190

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 22.03.2001

(72)Inventor : FUKUNAGA TOSHIKI
MATSUMOTO KENJI

(30)Priority

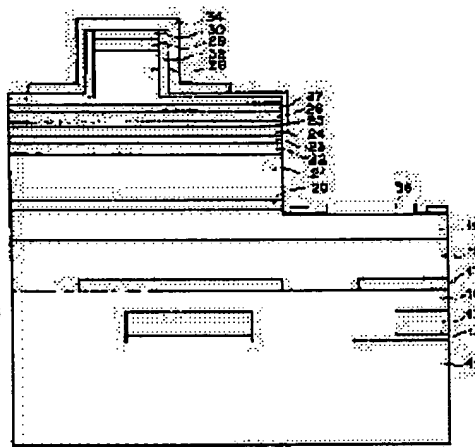
Priority number : 2000107462 Priority date : 10.04.2000 Priority country : JP

(54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce element resistance and obtain beam of high quality in a semiconductor laser device.

SOLUTION: An n-Ga1-Z4AlZ4N composition slant layer 20 is formed between an n-GaN contact layer 19 and an n-Ga1-Z1AlZ1N/GaN superlattice clad layer 21. An n-Ga1-Z5AlZ5N composition slant layer 22 is formed between the n-Ga1-Z1AlZ1N/GaN superlattice clad layer 21 and an n or i-Ga1-Z2AlZ2N optical waveguide layer 23. A p-Ga1-Z5AlZ5N composition slant layer 27 is formed between a p or i-Ga1-Z2AlZ2N optical waveguide layer 26 and a p-Ga1-Z1AlZ1N/GaN superlattice clad layer 28. A p-Ga1-Z4AlZ4N composition slant layer 29 is formed between the p-Ga1-Z1AlZ1N/GaN superlattice clad layer 28 and a p-GaN contact layer 30. Regarding the composition, z4 of the Ga1-Z4AlZ4N composition slant layers is changed continuously from 0 as far as the composition corresponding to band gap of the Ga1-Z1AlZ1N/GaN superlattice clad layer, and z5 of the Ga1-Z5AlZ5N composition slant layers is changed continuously from z2 as far as the composition corresponding to band gap of the Ga1-Z1AlZ1N/GaN superlattice clad layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-358407
(P2001-358407A)

(43) 公開日 平成13年12月26日 (2001.12.26)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 S 5/343

識別記号

F I

H 0 1 S 5/343

キーワード(参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-83190(P2001-83190)
(22) 出願日 平成13年3月22日 (2001.3.22)
(31) 優先権主張番号 特願2000-107462(P2000-107462)
(32) 優先日 平成12年4月10日 (2000.4.10)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

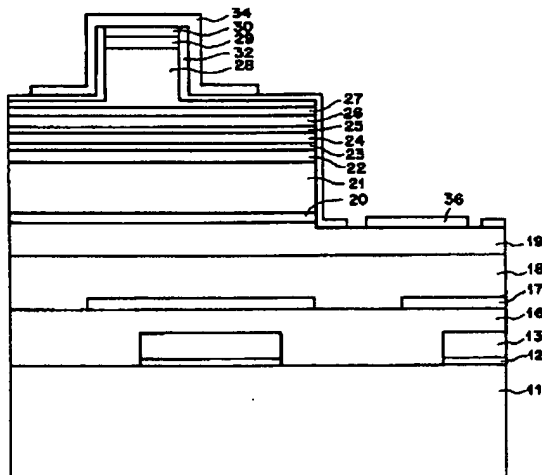
(71) 出願人 000005201
富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地
(72) 発明者 福永 敏明
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(72) 発明者 松本 研司
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(74) 代理人 100073184
弁理士 柳田 征史 (外1名)
Fターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA51 AA74 AA77
BA06 CA07 CB05 DA05 DA24

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザ装置において、素子抵抗を低減し、高品位なビームを得る。

【解決手段】 n-GaNコンタクト層19とn-Ga_{1-z1}Al_{z1}N/GaN超格子クラッド層21の間にn-Ga_{1-z4}Al_{z4}N組成傾斜層20を設け、n-Ga_{1-z1}Al_{z1}N/GaN超格子クラッド層21とnあるいはi-Ga_{1-z2}Al_{z2}N光導波層23の間にn-Ga_{1-z5}Al_{z5}N組成傾斜層22を設け、pあるいはi-Ga_{1-z2}Al_{z2}N光導波層26とp-Ga_{1-z1}Al_{z1}N/GaN超格子クラッド層28の間にp-Ga_{1-z5}Al_{z5}N組成傾斜層27を設け、p-Ga_{1-z1}Al_{z1}N/GaN超格子クラッド層28とp-GaNコンタクト層30の間にp-Ga_{1-z4}Al_{z4}N組成傾斜層29を設ける。Ga_{1-z4}Al_{z4}N組成傾斜層のz4は0からGa_{1-z1}Al_{z1}N/GaN超格子クラッド層のバンドギャップに相当する組成まで連続的に組成を変化させる。Ga_{1-z5}Al_{z5}N組成傾斜層のz5はz2からGa_{1-z1}Al_{z1}N/GaN超格子クラッド層のバンドギャップに相当する組成まで連続的に組成を変化させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第一導電型GaN層の上に、少なくとも、第一導電型下部クラッド層、第一導電型下部光導波層、活性層、第二導電型上部光導波層、第二導電型上部クラッド層および第二導電型GaNコンタクト層がこの順に積層されてなり、活性層より上に電流注入窓を有する半導体レーザ装置において、

前記第一導電型GaN層と前記第一導電型下部クラッド層の間に、該第一導電型GaN層から該第一導電型下部クラッド層に向かってバンドギャップが連続的に変化する第一のAlGaIn組成傾斜層が設けられており、かつ、

前記第二導電型上部クラッド層と前記第二導電型GaNコンタクト層の間に、該第二導電型上部クラッド層から該第二導電型GaNコンタクト層に向かってバンドギャップが連続的に変化する第二のAlGaIn組成傾斜層が設けられていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 前記第一導電型下部クラッド層と前記第一導電型下部光導波層の間に、該第一導電型下部クラッド層から該第一導電型下部光導波層に向かってバンドギャップが連続的に変化する第三のAlGaIn組成傾斜層が設けられており、かつ、

前記第二導電型上部光導波層と前記第二導電型上部クラッド層の間に、該第二導電型上部光導波層から該第二導電型上部クラッド層に向かってバンドギャップが連続的に変化する第四のAlGaIn組成傾斜層が設けられていることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ装置。

【請求項3】 発振領域幅が $1\mu\text{m}$ 以上 $2.5\mu\text{m}$ 以下であり、等価屈折率段差が 0.002 以上 0.01 以下であることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザ装置。

【請求項4】 発振領域幅が $2.5\mu\text{m}$ より大きく、等価屈折率段差が 0.002 以上 0.015 以下であることを特徴とする請求項1または2記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ装置に関し、特に、GaN層上に活性層を含む半導体層が形成されてなる半導体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ディスクメモリの高密度化や感光材料を用いた印刷などの分野において、微小スポットを有する 400nm 帯の半導体レーザは、信頼性の高いガウスビームで基本横モード発振することが期待されている。

【0003】1998年発行のJpn. Appl. phys. Lett., Vol. 37, pp. L1020において、中村氏らによるInGaIn/GaN/AlGaIn-Based Laser Diodes Grown GaN Substrates with a Fundamental Transverse Modeが紹介されている。これは、サファイア基板上にGaNを形成した後、 SiO_2 をマスクとして、選択成長を利用して形成したGaN厚膜を剥がしたGaN

基板上に、n-GaNバッファ層、n-InGaInクラック防止層、n-AlGaIn/GaN変調ドーブ超格子クラッド層、n-GaN光導波層、n-InGaIn/InGaIn多重量子井戸活性層、p-AlGaInキャリアブロック層、p-GaN光導波層、p-AlGaIn/GaN変調ドーブ超格子クラッド層、p-GaNコンタクト層からなるものである。しかしながら、 $2\mu\text{m}$ 程度のリッジ構造を形成することにより、屈折率導波型構造を形成しているが、エッチングの深さを制御するのが非常に困難であるために、この半導体レーザでは、 30mW 程度の横基本モード発振しか得られていない。また、変調ドーブ超格子クラッド層により素子抵抗の低減を図っているが、十分ではないため、駆動時のジュール熱の発熱による信頼性の劣化が見られる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、上記構造では、素子抵抗が高いため、コンタクト層との接触面積が狭い単一モードレーザでは発熱による影響が実用上問題となっている。

【0005】本発明は上記事情に鑑みて、素子抵抗を低減し、また、発熱の影響を抑制して、高出力まで信頼性の高い、ガウス型の高品質なビームを有する半導体レーザ装置を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ装置は、第一導電型GaN層の上に、少なくとも、第一導電型下部クラッド層、第一導電型下部光導波層、活性層、第二導電型上部光導波層、第二導電型上部クラッド層および第二導電型GaNコンタクト層がこの順に積層されてなり、活性層より上に電流注入窓を有する半導体レーザ装置において、第一導電型GaN層と第一導電型下部クラッド層の間に、該第一導電型GaN層から該第一導電型下部クラッド層に向かってバンドギャップが連続的に変化する第一のAlGaIn組成傾斜層が設けられており、かつ、第二導電型上部クラッド層と第二導電型GaNコンタクト層の間に、該第二導電型上部クラッド層から該第二導電型GaNコンタクト層に向かってバンドギャップが連続的に変化する第二のAlGaIn組成傾斜層が設けられていることを特徴とするものである。

【0007】また、さらに第一導電型下部クラッド層と第一導電型下部光導波層の間に、該第一導電型下部クラッド層から該第一導電型下部光導波層に向かってバンドギャップが連続的に変化する第三のAlGaIn組成傾斜層が設けられており、かつ、第二導電型上部光導波層と第二導電型上部クラッド層の間に、該第二導電型上部光導波層から該第二導電型上部クラッド層に向かってバンドギャップが連続的に変化する第四のAlGaIn組成傾斜層が設けられていてもよい。

【0008】発振領域幅は $1\mu\text{m}$ 以上 $2.5\mu\text{m}$ 以下であり、等価屈折率段差は 0.002 以上 0.01 以下であることが望ましい。

【0009】また、発振領域幅は $2.5\mu\text{m}$ より大きく、等価屈折率段差は 0.002 以上 0.015 以下であることが望ましい。

【0010】上記「第一導電型」と「第二導電型」は、互いに導電性が逆であり、例えば、第一導電性がp型であれば、第二導電性とはn型を示す。また、アンドープとは導電性不純物が導入されていないことを示す。

【0011】

【発明の効果】本発明の半導体レーザ装置によれば、第一導電型GaN層と第一導電型下部クラッド層の間および第二導電型上部クラッド層と第二導電型GaNコンタクト層の間にバンドギャップが連続的に変化する、第一のAlGaN組成傾斜層および第二のAlGaN組成傾斜層を設けているので、該組成傾斜層を挟んでいる2つの層間で生じるバンドオフセットによって生じる障壁高さを低減することができ、素子抵抗を低減でき、発熱による特性劣化を抑制することができる。よって、特性および信頼性が向上し、高品位なビームを得ることができる。

【0012】さらに、第一導電型下部クラッド層と第一導電型下部光導波層の間、および第二導電型上部光導波層と第二導電型上部クラッド層の間に、バンドギャップが連続的に変化する第三のAlGaN組成傾斜層および第四のAlGaN組成傾斜層が設けられていることにより、上記同様、バンドオフセットによって生じる障壁高さの変化を低減でき、素子抵抗を低減することができるので、特性および信頼性が向上し、高品位なビームを得ることができる。

【0013】また、発振領域幅は $1\mu\text{m}$ 以上 $2.5\mu\text{m}$ 以下であり、等価屈折率段差は 0.002 以上 0.01 以下であることにより、高品位な基本横モード発振を得ることができる。

【0014】また、発振領域幅は $2.5\mu\text{m}$ より大きく、等価屈折率段差は 0.002 以上 0.015 以下であることにより、マルチモードであっても安定した発振モードを得ることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0016】本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ装置について説明し、その半導体レーザ装置の断面図を図1に示す。成長原料としては、トリメチルガリウム(TMG)、トリメチルインジウム(TMI)、トリメチルアルミニウム(TMA)およびアンモニアを用い、n型ドーパントとしてシランガスを用い、p型ドーパントとしてシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp₂Mg)を用いる。図1に示すように、有機金属気相成長法により、

(0001) 面サファイア基板11上に、温度 500°C でGaNバッファ層12を 20nm 程度の膜厚で形成する。続いて、温度を 1050°C にして、GaN層13を $2\mu\text{m}$ 程度成長させる。

その後、SiO₂膜14(図示せず)を形成し、レジスト15(図示せず)を塗布後、通常のリソグラフィを用いて、【数1】

$$\langle 1 \bar{1} 0 0 \rangle$$

方向に、 $3\mu\text{m}$ 幅のSiO₂膜14(図示せず)を除去したストライプ領域を $10\mu\text{m}$ 程度の間隔でラインアンドスペースのパターンを形成する。レジスト15とSiO₂膜14をマスクとして、塩素系のガスを用いてGaN層12とGaN層13をドライエッチングにより、サファイア基板11上面まで除去する。このとき、サファイア基板11をエッチングしてもよい。レジスト15(図示せず)とSiO₂膜14(図示せず)を除去後、GaN層16を $10\mu\text{m}$ 程度選択成長させる。このとき、横方向の成長により、最終的にストライプが合体して表面が平坦化する。次に、SiO₂膜17を形成し、通常のリソグラフィによりGaN層13が存在していた上部を覆うように $7\mu\text{m}$ 程度の領域以外のSiO₂膜17をストライプ状に除去する。次に、GaN層18を成長し、横方向の成長により最終的にストライプが合体し、表面を平坦化させる。

【0017】次に、n-GaNコンタクト層19、n-Ga_{1- x} Al _{x} N組成傾斜層20(厚さ $0.2\mu\text{m}$ 程度)、n-Ga_{1- x} Al _{x} N/GaN超格子クラッド層21、n-Ga_{1- x} Al _{x} N組成傾斜層(厚さ $0.1\mu\text{m}$ 程度)22、nあるいはi-Ga_{1- x} Al _{x} N光導波層23、In _{x} Ga_{1- x} 2N(Siドーパント)/In _{x} Ga_{1- x} 1N多重量子井戸活性層($0.5 > x_1 > x_2 \geq 0$)24、p-Ga_{1- x} Al _{x} Nキャリアブロッキング層25、pあるいはi-Ga_{1- x} Al _{x} N光導波層26、p-Ga_{1- x} Al _{x} N組成傾斜層(厚さ $0.1\mu\text{m}$ 程度)27、p-Ga_{1- x} Al _{x} N/GaN超格子クラッド層28、p-Ga_{1- x} Al _{x} N組成傾斜層(厚さ $0.2\mu\text{m}$ 程度)29、p-GaNコンタクト層30を成長する。引き続き、SiO₂膜31(図示せず)とレジスト(図示せず)を形成し、通常のリソグラフィにより、 $1 \sim 2.5\mu\text{m}$ の幅よりなるストライプ領域以外のレジストとSiO₂膜31を除去する。RIE(反応性イオンエッチング装置)で選択エッチングによりp-Ga_{1- x} Al _{x} N/GaN超格子クラッド層28の途中までエッチングを行い、リッジ部を形成する。このエッチングのp-Ga_{1- x} Al _{x} N/GaN超格子クラッド層の残し厚は基本横モード発振が達成できる厚さとする。

【0018】次に、レジスト(図示せず)とSiO₂膜31(図示せず)を除去し、引き続きSiO₂膜(図示せず)とレジスト(図示せず)を形成し、ストライプの $20\mu\text{m}$ 外側の領域外のSiO₂膜とレジストを除去し、RIEでn-GaNコンタクト層19が露出するまでエッチングを行う。その後、レジストとSiO₂膜を除去する。

【0019】次に、絶縁膜32を形成し、通常のリソグラフィ技術を用いて、Ti/Auよりなるn電極36とp型コンタクト層の表面にストライプ状にNi/Auよりなるp電極34を形成する。その後、基板を研磨し、試料を劈開して形成した共振器面に高反射コート、低反射コートを行

い、その後チップ化して半導体レーザ装置を作製する。

【0020】上記AlGaIn組成は、 $0 \leq z_2 < z_1 < 1$ および $z_2 < z_3 < 0.4$ とする。 z_4 は0から超格子クラッド層のバンドギャップに相当する組成まで連続的に組成を変化させる。 z_5 は z_2 から超格子クラッド層のバンドギャップに相当する組成まで連続的に組成を変化させる。

【0021】また、リッジ底辺の垂直方向に伝搬する光の等価屈折率を n_A とし、リッジ部の垂直方向に伝搬する光の等価屈折率を n_B とし、 $p\text{-Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{N}/\text{GaIn}$ 超格子クラッド層28の厚さを制御することにより、 $n_B - n_A$ で表される等価屈折率差を、 $2 \times 10^{-3} < n_B - n_A < 1 \times 10^{-2}$ に制御できる。

【0022】上記半導体レーザ装置が発振する波長 λ に関しては、活性層の組成により $360 < \lambda < 550$ (nm)の範囲で制御が可能である。

【0023】上記各層の成長法としては、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい。

【0024】本実施の形態においては、基板は n 型を用いたが、 p 型でもよく、その場合上記各層の導電性を反転(p 型と n 型を入れ替える)すればよい。

【0025】本実施の形態では、リッジ構造の屈折率導波型レーザについて説明したが、本発明は、内部に電流狭窄構造を有するレーザや、リッジ構造を埋め込んだ屈折率導波型機構を作りつけたレーザにも適用することができる。

【0026】基板はサファイア基板を用いたが、SiC基板、ZnO、LiGaO₂、LiAlO₂、GaAs、GaP、GeあるいはSi等を用いてもよい。

【0027】また、本発明による層構成を、サファイア基板等を除去して形成した導電性GaIn基板上に成長して形成してもよい。

【0028】また、本実施の形態では基本横モード発振する半導体レーザについて説明したが、ストライプ幅を $2.5 \mu\text{m}$ 以上にして低雑音の幅広ストライプ半導体レーザを形成してもよく、この半導体レーザを、波長変換素子やファイバーレーザの励起光源として用いることもできる。

【0029】本実施の形態では、バンドギャップが連続的に変化するAlGaIn組成傾斜層を設けているため、バンドオフセットによって生じる障壁高さを低減することができるので、素子抵抗を低減することができる。よって、素子の発熱を低減することができ、信頼性の向上と、ガウス型の高品位なビームを得ることができる。

【0030】次に、本発明の上記第1の実施の形態による半導体レーザ装置のバンドギャップエネルギーについて説明し、その図を図2に示す。図中の符号は図1の符号と対応しており、説明は省略する。

【0031】図2に示すように、 $n\text{-Ga}_{1-z_4}\text{Al}_{z_4}\text{N}$ 組成傾斜層20の z_4 は、 $n\text{-GaIn}$ コンタクト層19のバンドギャップ

エネルギーから $n\text{-Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{N}/\text{GaIn}$ 超格子クラッド層21のバンドギャップエネルギーまで連続的にバンドギャップが変化するように増加させるものである。

【0032】また、 $n\text{-Ga}_{1-z_5}\text{Al}_{z_5}\text{N}$ 組成傾斜層22の z_5 は、 $n\text{-Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{N}/\text{GaIn}$ 超格子クラッド層21のバンドギャップエネルギーから n あるいは $i\text{-Ga}_{1-z_2}\text{Al}_{z_2}\text{N}$ 光導波層23のバンドギャップエネルギーまで連続的にバンドギャップが変化するように減少させるものである。

【0033】また、 $p\text{-Ga}_{1-z_5}\text{Al}_{z_5}\text{N}$ 組成傾斜層27の z_5 は、 p あるいは $i\text{-Ga}_{1-z_2}\text{Al}_{z_2}\text{N}$ 光導波層26のバンドギャップエネルギーから $p\text{-Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{N}/\text{GaIn}$ 超格子クラッド層28のバンドギャップエネルギーまでバンドギャップが連続的に変化するように増加させるものである。

【0034】また、 $p\text{-Ga}_{1-z_4}\text{Al}_{z_4}\text{N}$ 組成傾斜層29の z_4 は、 $p\text{-Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{N}/\text{GaIn}$ 超格子クラッド層28のバンドギャップエネルギーから $p\text{-GaIn}$ コンタクト層30のバンドギャップエネルギーまでバンドギャップが連続的に変化するように減少させるものである。

【0035】上記のように、組成組成傾斜層の組成は、隣接するクラッド層あるいは光導波層との界面で、各々のバンドギャップとほぼ一致していることが望ましい。

【0036】次に、AlGaIn組成傾斜層を用いた場合と用いない場合の半導体レーザ装置の素子抵抗について説明し、その半導体レーザ装置の電圧-電流特性のグラフを図3に示す。

【0037】図3に示す評価に用いた半導体レーザ装置は、上記第1の実施の形態の半導体レーザ装置の構成において、組成を $z_1=0.14$ 、 $z_2=0$ 、 $z_3=0.15$ 、 $x_1=0.14$ 、 $x_2=0.02$ とし、超格子クラッド層の平均組成を0.07としたものであり、電極サイズが $5 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$ で評価したものである。図中のcは、上記半導体レーザ装置において、AlGaIn組成傾斜層20、22、27および29が設けられていない構成である。また、図中aは超格子クラッド層21と $n\text{-GaIn}$ 層19の間および超格子クラッド層28と $n\text{-GaIn}$ コンタクト層30の間にのみAlGaIn組成傾斜層を入れた場合であり、bはaに示す構成に加えて、 n あるいは $i\text{-Ga}_{1-z_2}\text{Al}_{z_2}\text{N}$ 光導波層23と超格子クラッド層21の間、および p あるいは $i\text{-Ga}_{1-z_2}\text{Al}_{z_2}\text{N}$ 光導波層26と超格子クラッド層28の間にもAlGaIn組成傾斜層を導入した場合である。

【0038】図3に示すように、cのAlGaIn組成傾斜層がない場合に比べ、aおよびbのAlGaIn組成傾斜層を設けた場合では素子抵抗が低減している。また、aに比べbの光導波層とクラッド層の間にも組成傾斜層を設けた場合は、さらに素子抵抗が低減しており、より好ましい形態であることが判る。

【0039】本発明による半導体レーザ装置は、素子抵抗が低く、高品位なガウス型のビームを有しているため、高速な情報・画像処理及び通信、計測、医療、印刷の分野での光源として応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ装置を示す断面図

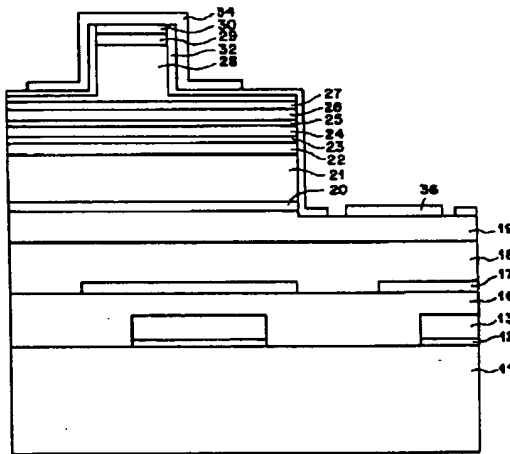
【図2】本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ装置のバンドギャップエネルギーを示す図

【図3】AlGaIn組成傾斜層を用いた場合と用いない場合の半導体レーザ装置の電圧-電流特性を示すグラフ

【符号の説明】

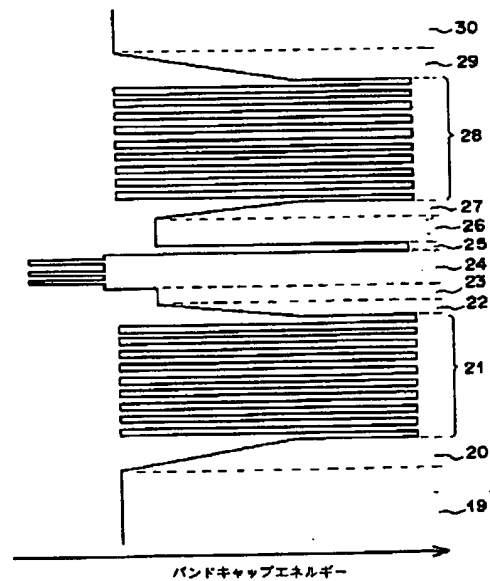
- 11 サファイア基板
- 12 GaNバッファ層
- 13 GaN層
- 16 GaN層
- 17 SiO₂膜
- 18 GaN層
- 19 n-GaNコンタクト層
- 20 n-Ga₁₋₂₄Al₂₄N組成傾斜層

【図1】



- 21 n-Ga₁₋₂₁Al₂₁N/GaN超格子クラッド層
- 22 n-Ga₁₋₂₅Al₂₅N組成傾斜層
- 23 nあるいはi-Ga₁₋₂₂Al₂₂N光導波層
- 24 In_{x2}Ga_{1-x2}N(Siドープ)/In_{x1}Ga_{1-x1}N多重量子井戸活性層
- 25 p-Ga₁₋₂₃Al₂₃Nキャリアブロッキング層
- 26 pあるいはi-Ga₁₋₂₂Al₂₂N光導波層
- 27 p-Ga₁₋₂₅Al₂₅N組成傾斜層
- 28 p-Ga₁₋₂₁Al₂₁N/GaN超格子クラッド層
- 29 p-Ga₁₋₂₄Al₂₄N組成傾斜層
- 30 p-GaNコンタクト層
- 32 絶縁膜
- 34 p電極
- 36 n電極

【図2】



【図3】

